1969

Turboréacteur double corps double flux
Turbofan engine

Snecma Turbomeca Larzac 04 C6

Mise en service *Entry into service*	1979
Poussée maximum *Thrust*	1 320 kgp *1 320 daN*
Vitesse de rotation *Rpm*	17 300 / 22 900 tr/mn
Consommation spécifique *Specific consumption*	0.73 kg/daN/h *0.716 lb/lb/h*
Température entrée turbine (TET) *Turbine inlet temperature (TIT)*	1 130 °C *1 403 °K*
Débit d'air *Air flow rate*	28,1 kg/s *62 lb/s*
Longueur *Lenght*	1 m 187 *46.73 in*
Diamètre *Diameter*	0 m 452 *17.79 in*
Masse *Dry Weight*	295 kg *650.35 lb*

Avions équipés avec ce moteur : Alphajet A et E
Aircraft equipped with this engine:

Le turboréacteur double flux Larzac

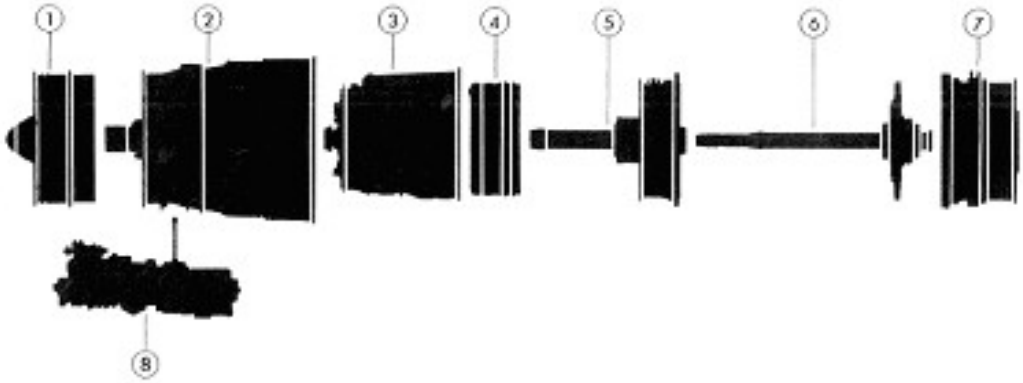
Destiné à l'origine aux jets d'affaires, le turboréacteur Larzac est né d'une collaboration entre les deux motoristes français, Snecma et Turboméca au sein du GIE GRTS (GRoupement Turbomeca Snecma) : c'est l'un des premiers moteurs aéronautiques issus d'une coopération internationale.

Alpha Jet aux couleurs de la Patrouille de France

L'histoire de ce turboréacteur de la gamme des 1 tonne de poussée remonte aux alentours de 1965 lorsque la Snecma prévoit l'émergence d'une nouvelle génération d'avions d'affaire et de liaison rapide croisant à Mach 0,7 – 0,8. Pour les motoriser un turboréacteur, dénommé M49 dans la nomenclature Snecma, d'une poussée de 1000 kgp est étudié. Rapidement rebaptisé "Larzac", en hommage à la région d'ou provient le président directeur général de la Snecma à cette époque, Jean Blancard, il s'agit d'un turboréacteur double flux.

A peu près au même moment Turboméca lance un projet similaire destiné à remplacer l'Aubisque de 700 kgp, un moteur également double flux.

C'est en 1967 que les premiers travaux sont lancés en utilisant pour la première fois la conception assistée par ordinateur (CAO). Le Larzac doit avoir une poussée de 1045 kgp, une consommation spécifique de 0,62 kg/kgp/h et une température d'entrée turbine de 937 °C. Par rapport aux turboréacteurs étrangers Viper-500 et au CJ-610, le moteur français présente des avantages, notamment au niveau de sa conception modulaire (8 modules interchangeables), sa signature acoustique réduite et sa consommation spécifique inférieure de 30%.



Architecture modulaire du Larzac

Il est composé de :

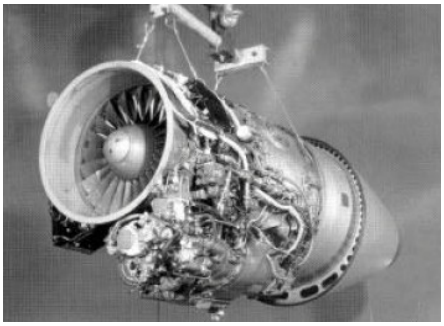
- une soufflante basse pression à deux étages à large corde (rapport de pression de 2,26),
- un compresseur haute pression à quatre étages à large corde (rapport de pression de 4,55),
- une chambre de combustion annulaire à prévaporisation,
- une turbine haute pression à un étage,
- une turbine basse pression à un étage,
- un canal flux froid en matière composite (résine polyimide) comme première mondiale en 1975.

Calculateur électronique (1976)

Le turboréacteur comporte une régulation hydromécanique complétée par un calculateur électronique de type analogique réalisant la correction de température, la butée d'accélération, la commande des vannes de décharge, etc.

Vingt mois après le lancement de l'étude du turboréacteur, en mai 1969, le premier moteur prototype tourne au banc d'essais (le Larzac A-01) et développe 1 045 kgp. Deux autres moteurs suivront en novembre 1969 et janvier 1970. Mais le moteur rencontre un problème de masse qui conduira à la conception et au développement d'une nouvelle version plus légère, nommée A2 avec une température d'entrée turbine de 1000 °C qui fonctionnera au banc d'essais en janvier 1971.

Pour faire face aux projets d'avions d'affaires civils et aux avions d'entraînement militaires, le motoriste développe deux versions différentes du Larzac. Le Larzac 01 de 1 045 kgp de poussée maintenue sera destiné aux jets d'affaires, tandis que le Larzac 02 (1 100 kgp) à température d'entrée turbine constante sera exclusivement destiné aux projets militaires.



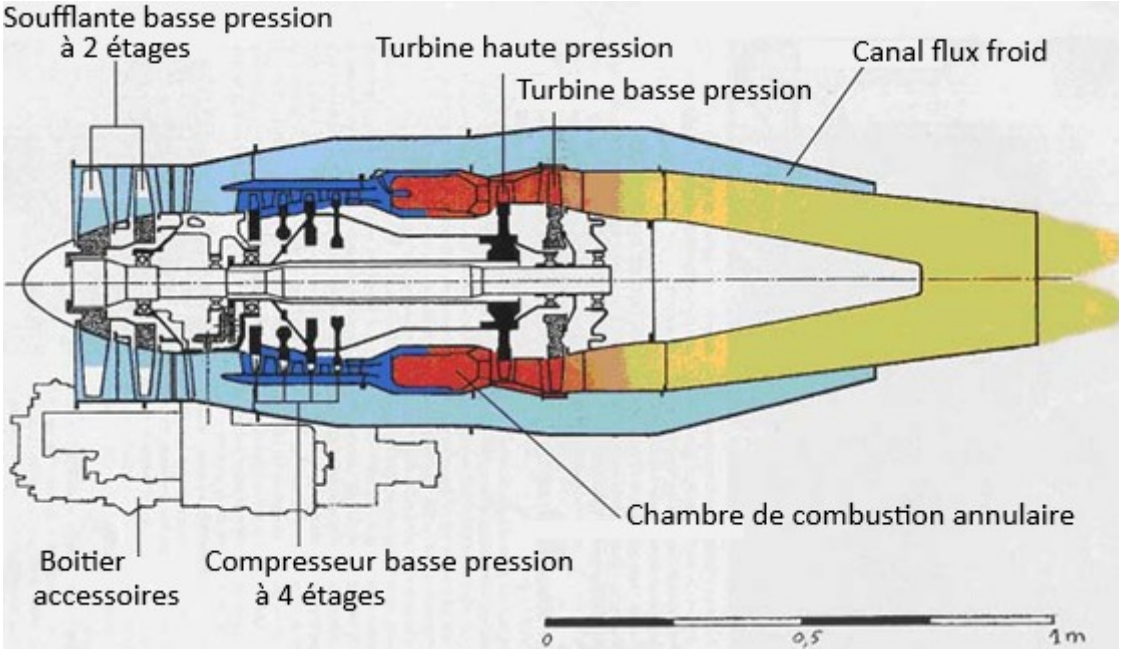
Des modifications technologiques mineures. Le passage des versions 01/02 aux versions 03/04 n'a entraîné aucune modification majeure dans la technologie du moteur si ce n'est le refroidissement des aubes fixes et mobiles du corps de turbine haute pression et l'aménagement du circuit de ventilation correspondant. L'air est prélevé à la sortie du compresseur HP et circule, pour ce qui est de la roue mobile, à travers les canaux aménagés à cet effet dans les aubes.

Les autres modifications sont mineures. Elles concernent le compresseur HP dont le rapport de pression passe de 2 à 2.2, dans le même encombrement (la grille de sortie devient double) pour répondre à une légère désadaptation du cycle thermodynamique du moteur.

Le débit a été accru au moyen d'une augmentation très limitée des régimes de rotation qui passent à 17 550 tr/mn (contre 16 500) pour le rotor basse pression et 22 750 tr/mn (contre 22 400) pour l'ensemble haute pression.

Du point de vue de la fabrication, le Larzac se caractérise par l'emploi – relativement important pour un petit moteur civil – de titane, dans le compresseur haute pression en particulier (tous les disques et aubages mobiles), le rotor basse pression (disques et pales du 1er étage) et le canal de flux secondaire. Les techniques de soudage par bombardement électronique sont utilisées massivement dans sa production, partout où cela s'est révélé possible (tous les aubages de distributeur, en acier, tous les disques des compresseurs, en titane, sont soudés de la sorte).

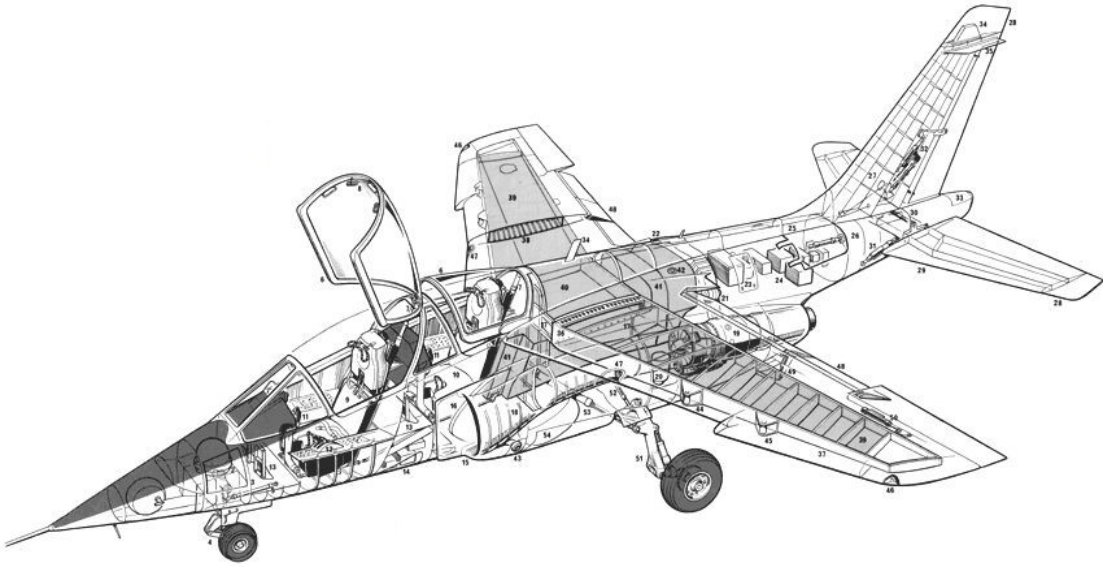
Au moment de la mise en service opérationnelle du Larzac, le total des heures d'essais cumulées au banc et en vol, dans les différentes versions civiles et militaires, atteignait la somme impressionnante de 10 000 heures, dont 3 100 heures les trois versions expérimentales (01, 02 et 04-A1), chiffre jamais atteint en France pour un moteur de cette catégorie.



Coupe longitudinale du Larzac 04

alpha jet

Dans le cadre du programme du biréacteur franco-allemand Dornier-Dassault AlphaJet avec ses variantes entraînement (E) et appui tactique léger (A), le motoriste élabore deux versions plus puissantes. Ainsi naissent les versions Larzac 03, dédiée à l'aviation civile, dont on a volontairement limité la poussée (1 275 kgp) de manière à en augmenter le potentiel puis Larzac 04 de 1 345 kgp (13,2 kN) pour une masse de 290 kg. L'augmentation de poussée de la version 04 par rapport au réacteur " de base " a été obtenue par le débit d'air passant de 26 à 28 kg/s, le rapport de pression du compresseur BP de 2 à 2,26 tandis que la température d'entrée turbine a été rehaussée à 1130 °C (1 403 °K) nécessitant le refroidissement de turbine HP.



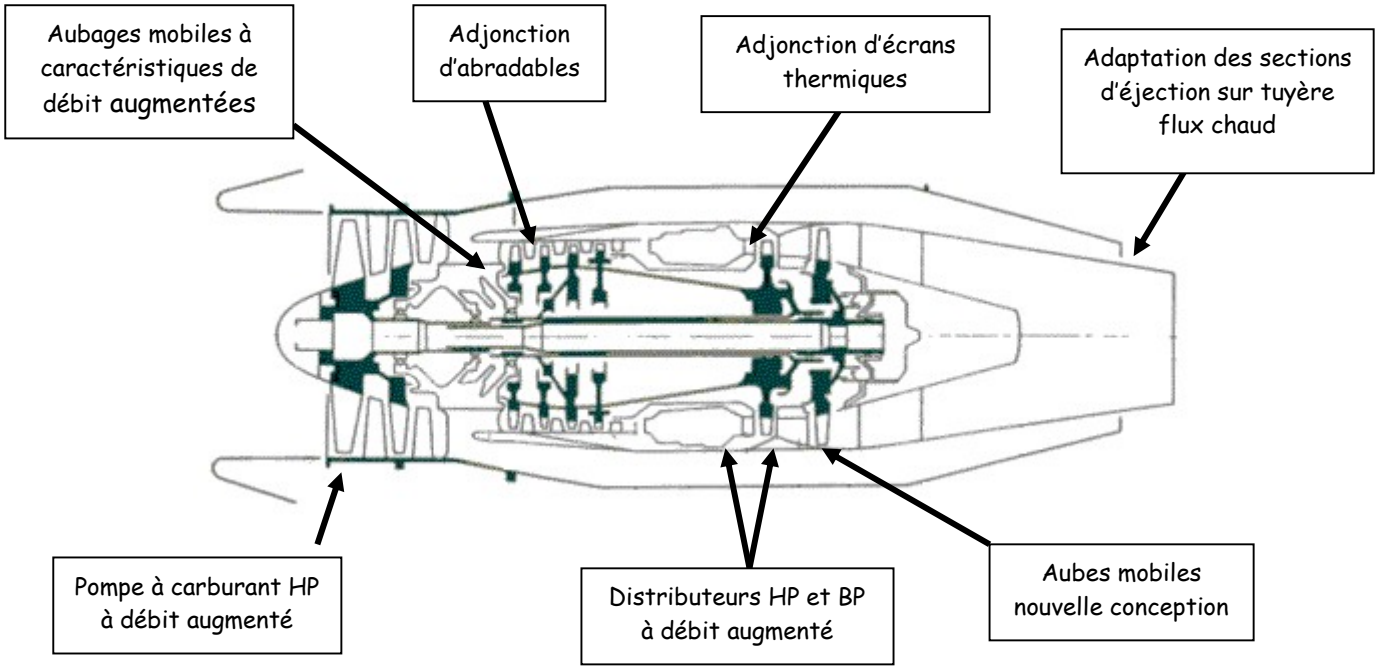
Ecorché de l'AlphaJet A

En juillet 1970, les gouvernements français et allemand lancent officiellement le développement et la production en commun du biréacteur AlphaJet, qui sera motorisé par le turboréacteur Larzac 04, version qui sera finalement la seule retenue et développée.

En mars 1973, le turboréacteur est essayé sur banc d'essais volant, un Lockheed Constellation L-749 sur lequel 145 heures de vol sont effectuées, puis deux mois plus tard il est monté sur Falcon 10. La même année le prototype de l'AlphaJet reçoit une paire de réacteurs Larzac 04 et effectue son premier vol au mois d'octobre. Pendant les essais en vol le moteur connaîtra quelques péripéties dont la plus spectaculaire est, sans aucun doute, celle de la perte en vol d'une tuyère flux froid. Les ingénieurs avaient fait preuve de hardiesse voire de témérité. Non content de concevoir un carter flux froid en composite, ils avaient prévu une sorte d'attache rapide pour y fixer la tuyère et ainsi faciliter la maintenance. Sans le sang froid du pilote, à qui cet incident grave arrivait dans une phase particulièrement critique du vol, en dernier virage avant l'atterrissage, c'était probablement l'accident. Mais heureusement tout se terminait bien et l'attache rapide était remplacée par des boulons, moins élégants mais plus fiables.

Au total 25 moteurs de développement ont été construits : 7 pour essais au banc, 16 moteurs d'avionnage sur AlphaJet, 2 moteurs pour développement en vol (Falcon 10).

Le Larzac 04-C6. La première version de série du Larzac, le 04-C5 sort d'atelier de montage en avril 1977 et le premier AlphaJet de série (E1 version école) vole la même année en novembre, le premier de la version A, le 12 avril 1978. Deux problèmes principaux ont été rencontrés lors de la mise au point du propulseur : décrochage compresseur, à haute altitude et aux basses vitesses, et défaut de lubrification en vol en G négatifs. Ce défaut a entraîné la perte, près du Caire, en septembre 1978, d'un AlphaJet à la suite d'un vol assez prolongé sur le dos, qui avait provoqué le grippage des deux réacteurs. Ce problème fut corrigé par le montage d'un accu de vol inversé permettant une alimentation en huile et un graissage continu des pièces du moteur.
Produit à 1 264 exemplaires de série entre 1978 et 1987 dont un tiers du modèle 04 C20, le "Larzac" est à la fois le premier moteur modulaire français et le premier à employer des matériaux composites à matrice organique et à fibres de verre sur l'enveloppe extérieure centrale.


Aubages mobiles à caractéristiques de débit augmentées
Adjonction d'abradables
Adjonction d'écrans thermiques
Adaptation des sections d'éjection sur tuyère flux chaud
Pompe à carburant HP à débit augmenté
Distributeurs HP et BP à débit augmenté
Aubes mobiles nouvelle conception

Le Larzac 04-C20. A partir de 1981 la famille Larzac se développe avec le lancement de la version à poussée augmentée 04-C20 de 1 440 kgp (14,2 kN), mise en service en juillet 1984, doté du même encombrement que la version de base. Orientée vers l'adaptation à la version appui tactique du biréacteur, la conception de ce modèle apporte en particulier un surplus de puissance important dans les phases de décollage difficile : temps chaud, avion lourd, ainsi que dans les conditions de vol à grande vitesse et basse altitude. Le Larzac 04-C20 est, en outre, doté de systèmes spécifiques (dispositif de poussée d'urgence et régulation automatique de démarrage) et équipé d'une nouvelle aube de turbine haute pression de nouvelle technologie (aube à noyau), en matériau à solidification dirigée. Les améliorations portent essentiellement sur le compresseur HP dont le débit est accru de 4% et la turbine associée équipée de nouvelles aubes mobiles mieux refroidies, la température d'entrée turbine est par ailleurs augmentée de 30 °C (1160 °C soit 1 433 °K).

AlphaJet A

Hormis l'AlphaJet, le Larzac 04-C20 a équipé, dans la première décennie des années 2000, les prototypes des avions d'entraînement HJT-36 "Sitara", futur "Intermediate Jet Trainer " de l'Indian Air Force (variante 04-H20) et MiG-AT de l'armée de l'Air russe (variante 04-R20). Du fait de son application sur le monoréacteur HJT-36, le Larzac 04-H20 possèdait un système de régulation comportant des redondances.

Pour ces deux programmes, dont le potentiel de marché était important, Snecma avait également proposé une nouvelle version du Larzac qui portait la dénomination provisoire 04-50. Avec une poussée augmentée de 20 %, passant de 1,4 à 1,7 tonne (de 14,2 à 17 kN), cette version intégrait un nouveau compresseur basse pression et une régulation numérique (Fadec). Finalement, le projet avorta : le bimoteur MiG-AT fut abandonné par l'armée de l'Air russe et le monomoteur HJT-36 "Sitara" équipé avec un moteur plus puissant NPO Saturn AL-551 produit sous licence par l'Inde et développant 16,68 KN en mai 2004.

Larzac 04 (1977)

HJT-36 "Sitara"

La famille Larzac cumule à ce jour plus de 3,5 millions d'heures de vol. Moteur dit "d'utilisateur" car il intègre les contraintes liées à la maintenance, l'indice de maintenance du réacteur, relativement bas, est de 2,50 heures de main d'œuvre par heure de fonctionnement moteur (HMO/HDFM). A titre d'exemple, quarante cinq minutes et deux mécaniciens suffisent à changer le moteur, point fixe inclus. Lors de démonstrations aux Etats-Unis, en septembre 1980, dans le cadre d'un concours d'avion d'entraînement lancé par l'US Navy, l'échange d'un moteur n'a pas pris plus de 17 minutes à un groupe de techniciens de Dassaut Aviation.

A la fin de l'année 2008, 757 moteurs étaient en exploitation ; en fin 2013, au moment du quarantième anniversaire du premier vol du biréacteur franco-allemand, 310 Alpha Jet étaient encore en service.

Ce moteur, dont la mise en service chez tous ses utilisateurs s'est réalisée avec une remarquable facilité, s'est révélé particulièrement fiable et facile à maintenir, assurant à l'Alpha Jet une excellente disponibilité opérationnelle. Sa conception modulaire procure à ses utilisateurs une réduction du nombre de moteurs de volant, la limitation des travaux de révision aux seuls modules concernés et, par conséquent, d'une maintenance plus économique.

Appareil biplace en tandem, biréacteur, à ailes hautes, et avec des entrées d'air latérales, l'appareil se révèle très manœuvrant, même en vitesse transsonique. Surnommé affectueusement "Gadget", en raison de sa petite taille par les utilisateurs français, l'appareil a été construit à 512 exemplaires pour une dizaine de pays : France (176 Alpha Jet E), Belgique (33 Alpha Jet E), Cameroun (11 Alpha Jet MS2), Allemagne (175 Alpha Jet A), Portugal (50 Alpha Jet A), Egypte (15 Alpha Jet MS2 et 30 E), Maroc (24 Alpha Jet E), Cote d'Ivoire (7 Alpha Jet E), Nigeria (24 Alpha Jet E), Qatar (6 Alpha Jet E), Togo (5 Alpha Jet E).

Enfin, des sociétés civiles utilisent des Alpha Jet A à des fins d'entraînement : Top Aces au Canada (16), QinetiQ au Royaume-Uni (12), et la patrouille acrobatique Flying Bulls en Autriche (3). Deux patrouilles acrobatiques utilisent l'appareil : la Patrouille de France et Asas de Portugal.

L'avion est excellent dans sa mission d'entrainement avec un taux de disponibilité élevé et des capacités manœuvrières à basse altitude équivalentes sinon meilleures qu'un Mirage 2000. Au niveau des engagements aériens, seuls les appareils de la Nigérian Air Force ont été utilisés au combat lors des guerres civiles au Libéria et en Sierra Leone.

Produit jusqu'en 1991, le retrait du service du bimoteur est envisagé vers 2030. Le bimoteur franco-allemand totalise, à ce jour, plus de 1 300 000 heures de vol.

Pays utilisateurs

Belgique

Cameroun

Égypte

France

Maroc

Nigeria

Émirats arabes unis

Portugal

Qatar

Côte d'Ivoire

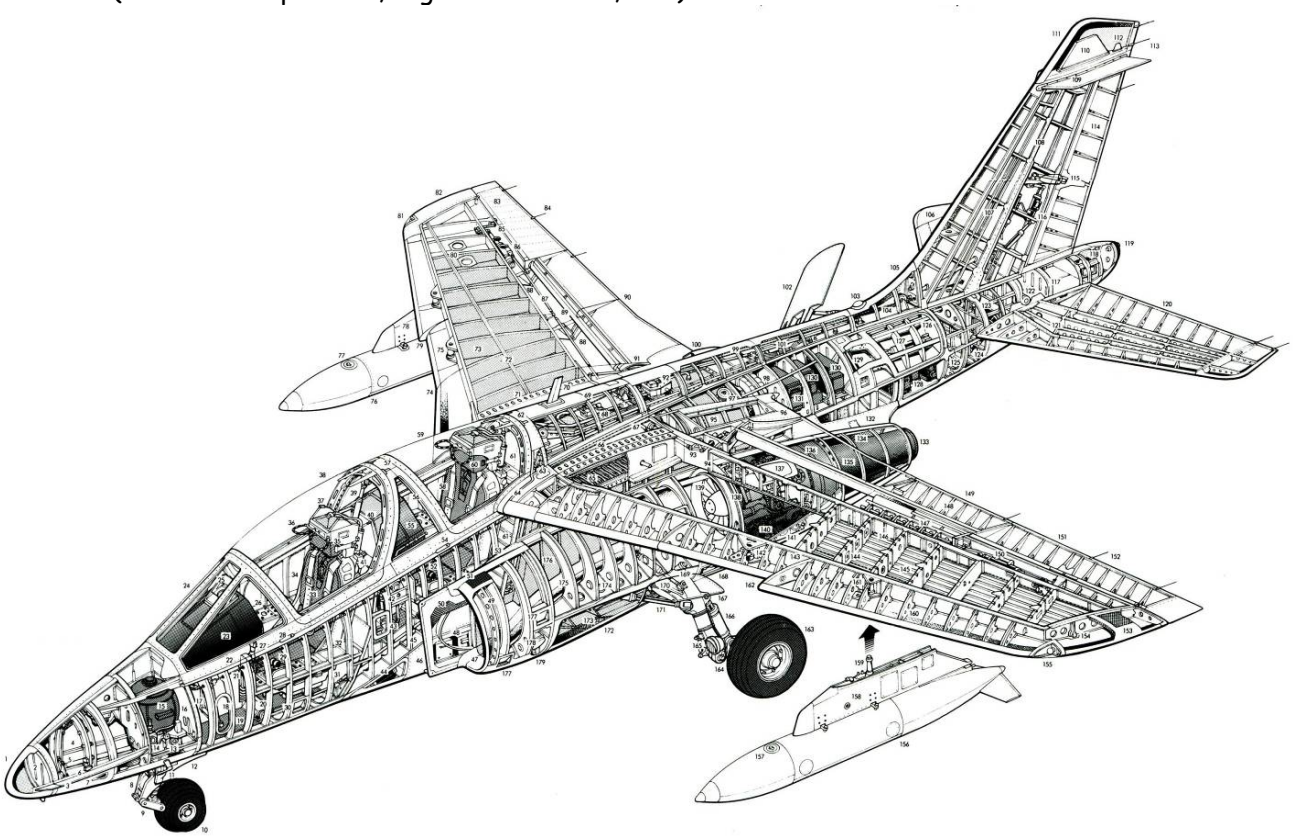
Thaïlande

Togo

Allemagne

Le parc aérien français est actuellement composé de 80 AlphaJet E : 19 appareils ont été perdus en opérations dont 10 (53 %) par la Patrouille de France.

Contrairement à la famille des turboréacteurs Atar, le Larzac a bénéficié, au cours des 30 dernières années, d'une modernisation constante par introduction de nouvelles technologies et son potentiel d'évolution est encore élevé (15 à 30% de poussée, régulation FADEC, etc.).



Ecorché de l'AlphaJet E